

Fig. 1.2 Esquema da elevatória subterrânea do Lameirão (RJ)
 Fonte: Cedae (s.d.).



Fig. 2.3 Imagem ilustrativa da dificuldade de compatibilizar a seção de projeto em arco-retângulo com o sistema de compartimentação cúbico do maciço granito-gnáissico

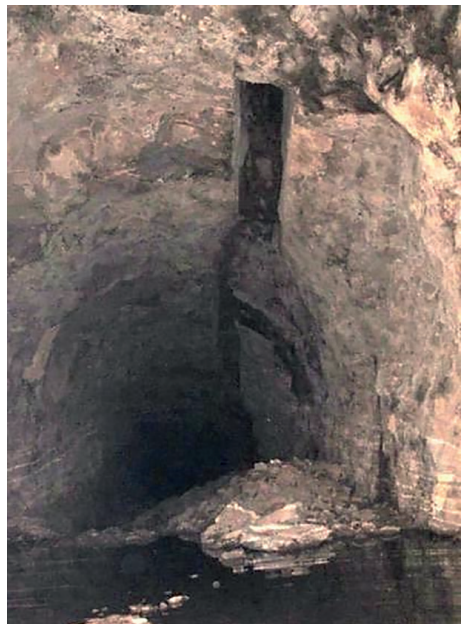


Fig. 2.4 Dique de diabásio muito alterado, intrudido em maciço granítico classe C1/C2, sem o tratamento necessário e erodido pelo fluxo d'água



Fig. 2.7 *Tratamento inadequado, na abóbada de um túnel hidráulico, evidenciado pela presença do chumbador em um dique de diabásio intemperizado*



Fig. 2.9 *Retirada de amostra de parede com sonda rotativa, para verificar a espessura do concreto projetado e realizar ensaios de laboratório*



Fig. 2.10 *Observação da parede de um túnel hidráulico acidentado para averiguar se o revestimento de concreto projetado foi aplicado conforme as determinações de projeto*



Fig. 2.13 *Vista dos danos sofridos pelo túnel de adução da PCH São Tadeu I, no trecho revestido com concreto projetado, a montante do término da blindagem metálica e do trecho de transição em concreto armado*

Fonte: Kanji (2017).



Fig. 2.14 *Esfoliação no maciço granítico em que foi inserido o túnel de adução da PCH São Tadeu I. As fraturas de esfoliação se encontram fechadas*

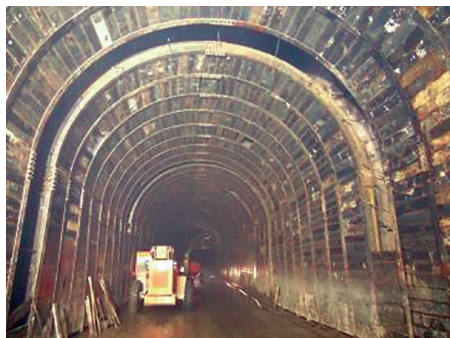
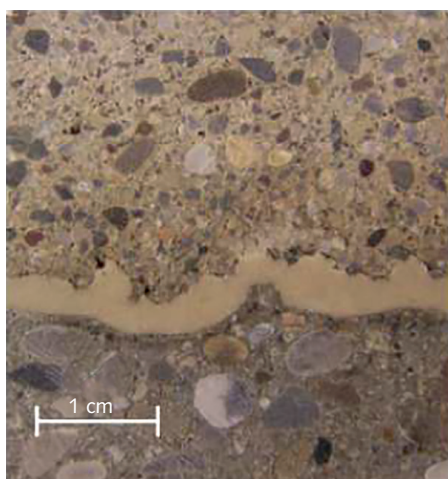


Fig. 3.7 Estrutura metálica especialmente dimensionada para revestimento do túnel com concreto estrutural



← Suporte primário de concreto projetado (externo)

← Membrana projetada (2 a 5 mm de espessura)

← Suporte secundário de concreto projetado (interno)

Fig. 3.10 Membrana projetada impermeável, aderente às camadas de concreto projetado
Fonte: Holter e Andrian (2011 apud Gonzáles, 2012).



Fig. 3.22 Revestimento de concreto do piso arrancado pelo fluxo das águas e/ou pela subpressão



Fig. 6.1 Desmoronamento no túnel de desvio da UHE Queimado, com formação de cavidade de grandes dimensões
Fonte: Assis (apud Seidenfuss, 2006).



Fig. C1.4 Reservatório sendo esvaziado pelo túnel 2
Fonte: Xavier (2009b).



Fig. C1.5 Redemoinho na superfície da água sinalizando o avanço do processo de esvaziamento do reservatório
Fonte: Xavier (2009b).

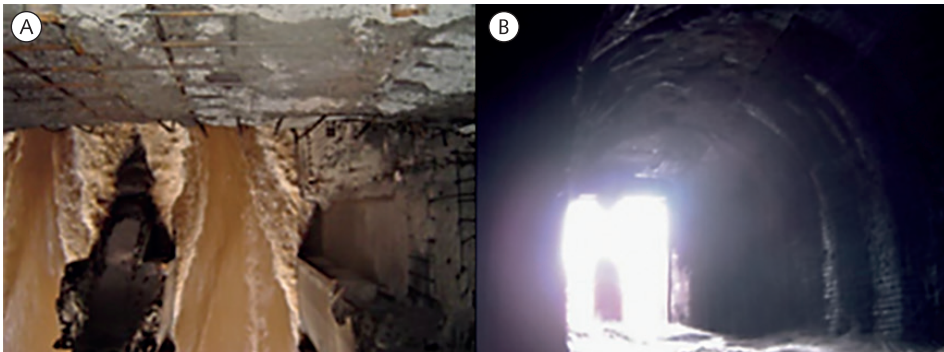


Fig. C1.6 Pilar de concreto erodido, situado entre os vãos 2 e 3 do túnel 2, visto (A) de cima e (B) de dentro do túnel após o esvaziamento do reservatório, sem as duas comportas vagão
Fonte: Xavier (2009b).

Fig. C2.2 Vista geral da UHE Furnas. O círculo assinala o desemboque dos túneis de desvio
 Fonte: Mello (2009).

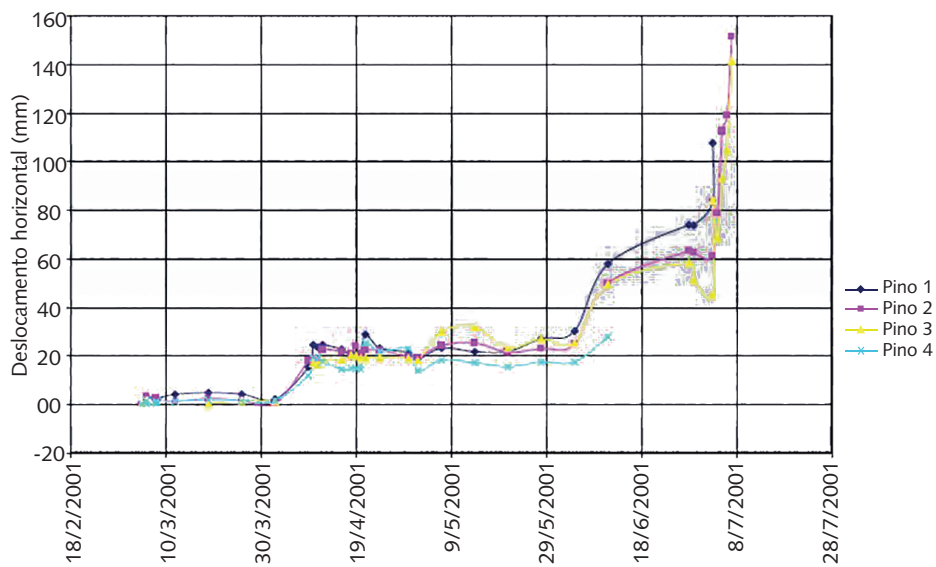
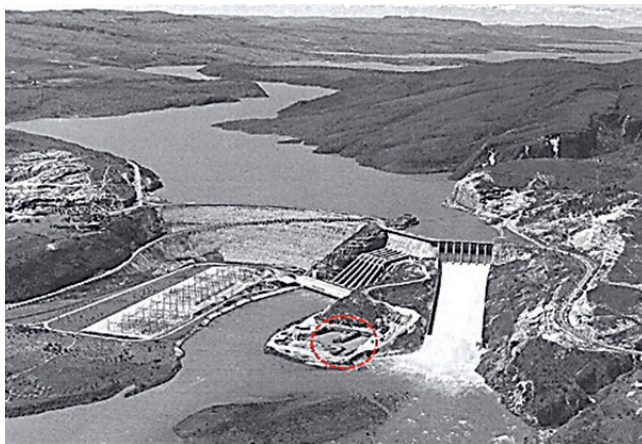


Fig. C4.8 Trajetória de deslocamentos dos marcos superficiais (pinos) (relatório ITP-RT2E-VT-4-002-C)



Fig. C4.13 Área de escavação do vertedouro e desemboque dos túneis de desvio 2 e 3 atingidos pelo escorregamento

Fonte: Nieble (2008).

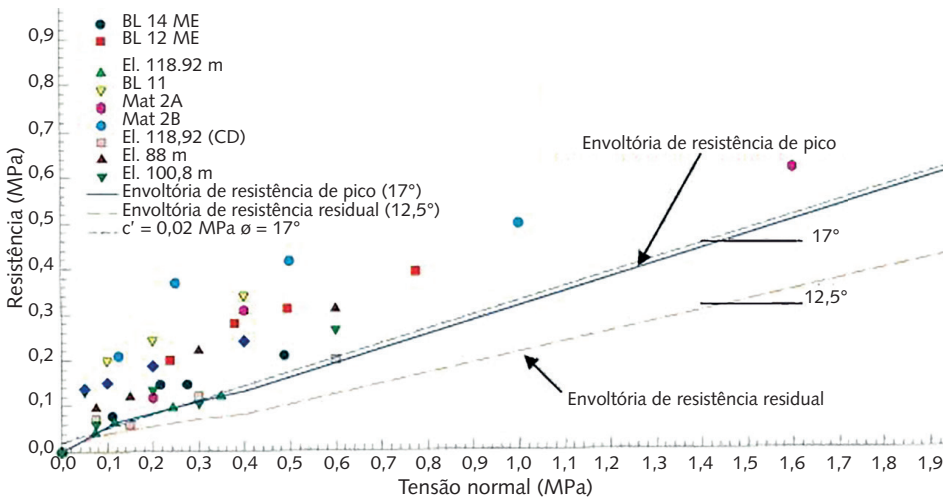


Fig. C4.14 Resultados de ensaios de cisalhamento em amostras indeformadas

Fonte: Kanji (2017).



Fig. C5.1 Localização da usina hidrelétrica Macabu (assinalada pelo círculo) – macrorregião ambiental MRA-5 – Estado do Rio de Janeiro

Fonte: SEMADS (2001).



Fig. C5.2 Barragem em arco gravidade (foto de 1999)



Fig. C5.3 Casa de força da PCH Macabu em primeiro plano e, no alto, a chaminé de equilíbrio. Os condutos metálicos cobrem uma queda de 330 m, aproximadamente
Fonte: Freitas et al. (2014).

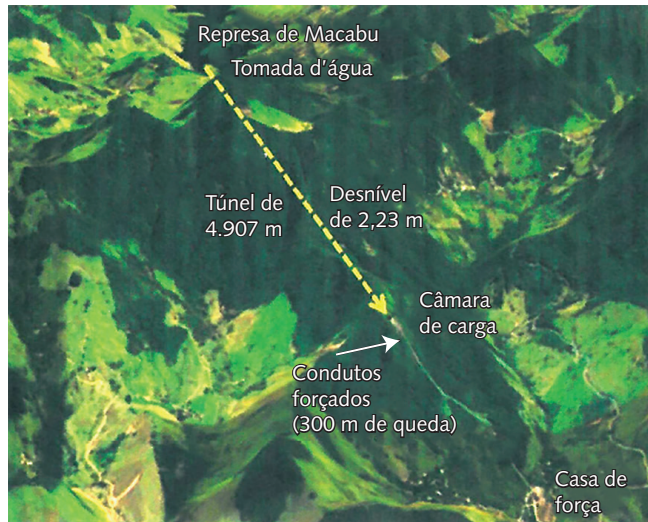


Fig. C5.6 Vista geral do aproveitamento hidrelétrico de Macabu

Fonte: Google Earth, imagem de 18 de março de 2018.



Fig. C5.8 Pilaretes de apoio ao by pass em alinhamento paralelo ao eixo do túnel (foto de 1999)



Fig. C5.9 Superfície de deslizamento coincidente com plano de falha geológica (foto de 1999)



Fig. C5.10 Chaminé de equilíbrio (1), condutos forçados (2), casa de força (3), local da ruptura do túnel de adução (4) e provável trajetória da corrida de lama e detritos (5)

Fonte: Google Earth, imagem de 2 de agosto de 2017.



Fig. C5.12 Pouco espaço para manobra em razão da inserção dos dois tubos

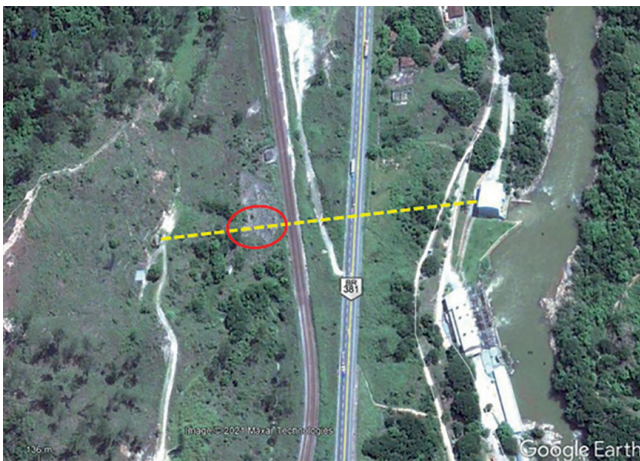


Fig. C7.2 Indicação do local do deslizamento (círculo vermelho) causado pela ruptura do revestimento do túnel de adução da segunda etapa de motorização (linha tracejada)
Fonte: Google Earth, imagem de novembro de 2009.



Fig. C8.1 Localização do empreendimento
 Fonte: Google Earth, imagem de 1º de abril de 2020.



Fig. C8.4 Vista do emboque do túnel auxiliar e da encosta adjacente. A área em primeiro plano serviu de leito para a enxurrada causada pelo súbito esvaziamento do túnel de adução
 Fonte: Kanji (2017).



Fig. C8.5 Inundação da casa de força
 Fonte: Kanji (2017).



Fig. C8.6 Acesso ao interior do túnel de adução realizado, após o acidente, através da escotilha no conduto forçado externo
Fonte: Kanji (2017).

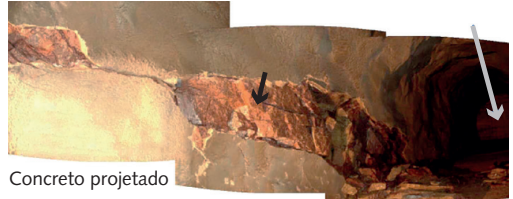


Fig. C8.7 Extensa superfície de ruptura que intercepta a seção do túnel de adução no encontro com o túnel auxiliar. A seta à direita assinala o tampão no túnel auxiliar
Fonte: Kanji (2017).



Fig. C8.8 Grande quantidade de blocos e fragmentos de rocha desprendidos das paredes e da abóbada do túnel de adução
Fonte: Kanji (2017).



Fig. C8.9 Extensa fenda nas paredes do túnel de adução e do túnel auxiliar. Observar a abertura e o aspecto escalonado do plano de ruptura, mergulhando para jusante
Fonte: Kanji (2017).

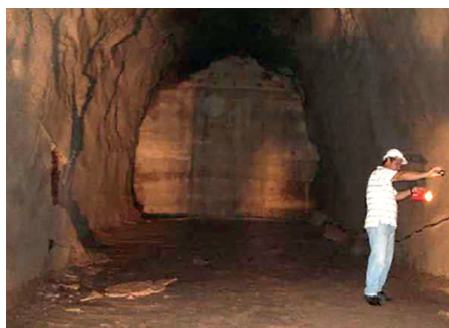


Fig. C8.10 Vista do túnel auxiliar e do tampão. Notar o traço da extensa superfície de ruptura ao longo das duas paredes, mergulhando e passando sob o tampão

Fonte: Kanji (2017).

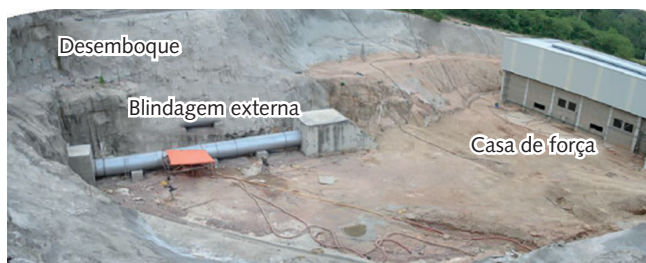


Fig. C8.11 Paredes de escavação na área visível na imagem também afetadas pelo sinistro

Fonte: Kanji (2017).



Fig. C8.12 Parede direita hidráulica da escavação na área de aproximação à casa de força. O concreto projetado foi trincado em inúmeros locais

Fonte: Kanji (2017).



Fig. C8.13 Detalhe da abertura de trincas ao longo das paredes laterais, na área de aproximação à casa de força

Fonte: Kanji (2017).

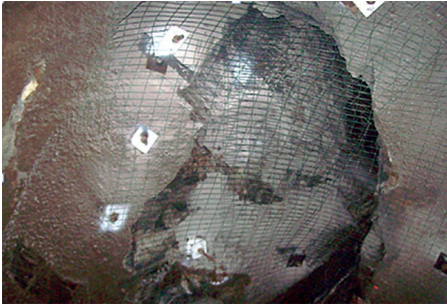


Fig. C9.2 Destaque para a tela metálica na abóbada, fixada pelos chumbadores

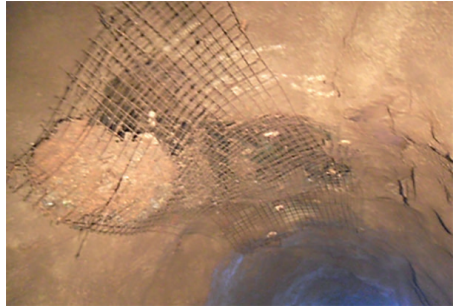


Fig. C9.3 Destaque para o acúmulo de material rochoso retido na tela metálica



Fig. C9.5 Execução de concreto projetado em plena seção do túnel



Fig. C10.3 Bloco de ancoragem deslocado, expondo as estacas raiz



Fig. C10.4 Ruptura do revestimento de concreto projetado, expondo a tela metálica. Em primeiro plano, o conduto metálico